

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, ИЗОБРАЖЕНИЙ И РЕЧИ

УДК 343.98

А.А. Борискевич

ВНЕДРЕНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ В ИЗОБРАЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ СИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕШЕТОК
ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Предлагается метод оптически визуализируемого блочно-структурного маркирования изображений, основанный на моделях внедряемого сообщения и маркированного изображения и робастном текстурно-корреляционном извлечении идентификационной информации. Представляются результаты компьютерного моделирования.

Введение

Широкое распространение мобильных телефонов с камерой привело к появлению множества двумерных штриховых кодов (AztecCode, DataMatrix, PDF-417, QR-кодов) [1–4]. Пользователь, имеющий мобильное устройство, может быстро извлечь информацию, сохраненную в двумерном штрихкоде, такую как контактная информация, реклама или URL (стандартизированный способ записи адреса ресурса в сети Интернет). Однако двумерные штрихкоды лишены визуальной информации и состоят из белых и черных блоков, что затрудняет их использование в полиграфических продуктах и цифровых печатных технологиях, например, с целью усложнения подделки (фальсификации) ID-карт, контролирующей доступ к конфиденциальной информации, и внедрения идентификационных данных в изображение для прямой связи его с соответствующим контентом в Интернете [1, 4]. Цифровое маркирование для мобильных медиатехнологий должно удовлетворять следующим требованиям: вложенная информация не должна искажать визуальные характеристики изображения, она должна быть перцептуально невидимой и устойчивой к условиям печати и считывания [5–9], т. е. устойчивой к цифроаналоговым и аналого-цифровым воздействиям.

Для устранения указанных недостатков и обеспечения контроля доступа к информационным ресурсам с использованием мобильных цифровых медиатехнологий предложен метод блочно-структурного маркирования и считывания маркированных изображений с помощью мобильных устройств (рис. 1). Метод основан на генерации блоков эталонных синусоидальных решеток в качестве оптически визуализируемых образов с тремя идентификационными параметрами (ориентацией, периодом и размером) для кодирования информационного сообщения, гибридном правиле внедрения синусоидальных блоков, формировании рамки обнаружения маркированного изображения для оптического захвата изображения и текстурной обработки маркированного изображения для корреляционного декодирования сообщения с использованием эталонных синусоидальных блоков.

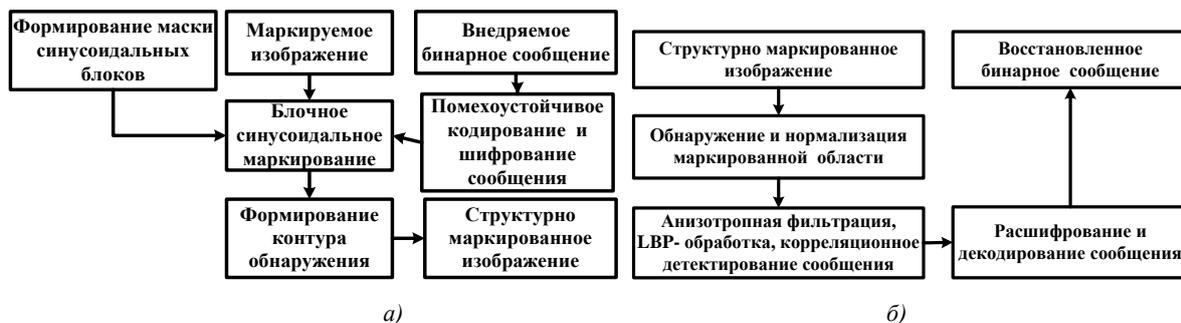


Рис. 1. Блок-схема метода блочно-структурного маркирования и считывания маркированных изображений с помощью мобильных устройств: а) синусоидальное маркирование изображений; б) текстурно-корреляционное извлечение идентификационной информации

1. Метод оптически визуализируемого блочного маркирования изображений

Внедряемое секретное сообщение с K битами информации имеет вид $b = b_0, \dots, b_k, \dots, b_{K-1}$, где $b_k \in \{0, 1\}$. Для предотвращения битовых ошибок формирование избыточной знакопеременной двоичной последовательности секретного сообщения $b_R = ((b_0, \dots, b_0)_L \dots (b_k, \dots, b_k)_L \times (b_{K-1}, \dots, b_{K-1})_L)$ осуществляется с помощью кода с повторением $(L, 1)$ при соблюдении условия $LK \leq C$, где C – максимальное количество битов, которое может быть внедрено в изображение. Использование операции повторения снижает в L раз объем внедряемой информации в маркируемое изображение. Данный код может корректировать $\lfloor (L-1)/2 \rfloor$ ошибок в кодовом слове длиной L . Декодирование кода с повторением осуществляется с помощью мажоритарного правила, основанного на выборе значений битов из кодовой последовательности, которые встречаются наиболее часто. Сообщение b_R шифруется с помощью блочных и поточных алгоритмов шифрования (AES (Advanced Encryption Standard), RC4) [10–13] или генераторов детерминированного хаоса [14] с длиной секретного ключа не менее 128 бит.

Закодированное и зашифрованное бинарное сообщение заменяется последовательностью синусоидальных блоков с идентификационными параметрами (ориентацией θ , частотой $f_{u,v}$ и размером $U \times V$), формируемых с помощью соотношения

$$S_{\theta\delta} = (S(u, v, \delta_1, \delta_2, f_u, f_v)_{U \times V} = \sin 2\pi(\delta_1 f_u u + \delta_2 f_v v) \mid u = 0, M/W - 1, v = 0, N/W - 1), \quad (1)$$

где δ_1 и δ_2 – параметры, определяющие значение угла ориентации $\theta = \arctg(\delta_2 f_v / \delta_1 f_u)$ синусоидальных решеток; $f_{u,v}$ и W – значение частоты решетки с линейными размерами $U = M/W$ и $V = N/W$, обратно пропорциональное ее периоду в пикселах, и количество блоков, на которые разбивается маркируемое изображение, соответственно.

Для формирования двух и четырех синусоидальных решеток параметры δ_1 и δ_2 принимают следующие значения: $\delta_1 = 1$, $\delta_2 \in \{-1, 0; 1, 0\}$ и $\delta_1 = 1$, $\delta_2 \in \{1, 0; -1, 0; 0, 5; -0, 5\}$ (рис. 2) соответственно. Для оптически визуализируемого представления пар двоичных символов (00, 01, 10 и 11) используются решетки с четырьмя угловыми ориентациями ($+45^\circ$, -45° , $+25^\circ$ и -25°) (рис. 2).

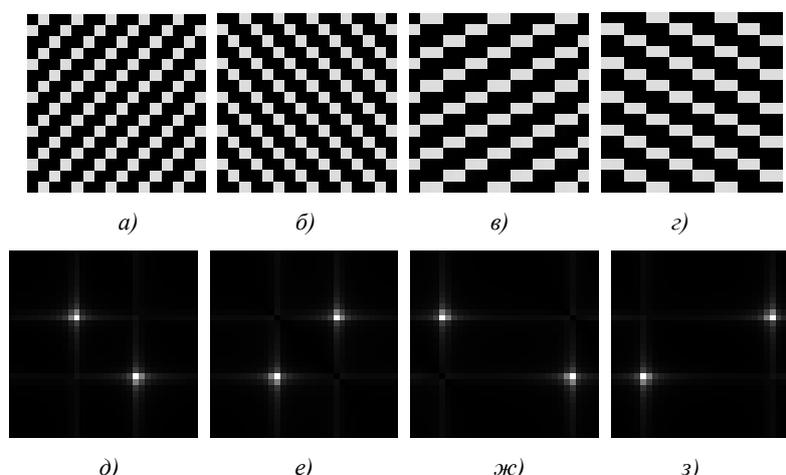


Рис. 2. Пространственно-частотные особенности эталонных синусоидальных блоков размером 16×16 :

а) $S_{0,1}$; б) $S_{0,-1}$; в) $S_{0,0,5}$; г) $S_{0,-0,5}$; д) – з) амплитудные Фурье-спектры решеток

Маркирование изображения $I = (I(m, n))$ осуществляется посредством гибридного правила внедрения секретного сообщения в виде маркирующей маски $S = (S(m, n))$, состоящей из синусоидальных блоков размером $U \times V$ с различными угловыми ориентациями:

$$I_{w_{\alpha\beta}}(m, n) = I(m, n) + \alpha S(m, n) \pm \beta I(m, n)S(m, n), \quad (2)$$

где $I_{w_{\alpha\beta}}(m, n)$ – значения пикселей маркированного изображения $I_{w_{\alpha\beta}}$; α и β – коэффициенты, характеризующие силу внедрения и контролирующие изменения значений пикселей, вызываемых соответственно аддитивной $\alpha S(m, n)$ и мультипликативной $\beta I(m, n)S(m, n)$ составляющими.

Из выражения (2) следует, что аддитивная, мультипликативная и обобщенная схемы вложения реализуются при $(\beta = 0, \alpha \neq 0)$, $(\beta \neq 0, \alpha = 0)$ и $(\beta \neq 0, \alpha \neq 0)$ соответственно. Возможность изменения знака перед β позволяет минимизировать величину деградации маркированного изображения не только для малых, но и для больших значений параметров α и β и увеличить энергию внедряемого сообщения.

Для оптически визуализируемого представления отдельных двоичных символов (0 и 1) используются решетки с двумя угловыми ориентациями ($+45^\circ$ и -45°). На рис. 3 показан процесс маркирования изображения Ф. Скорины синусоидальными блоками с двумя угловыми ориентациями ($+45^\circ$ и -45°).

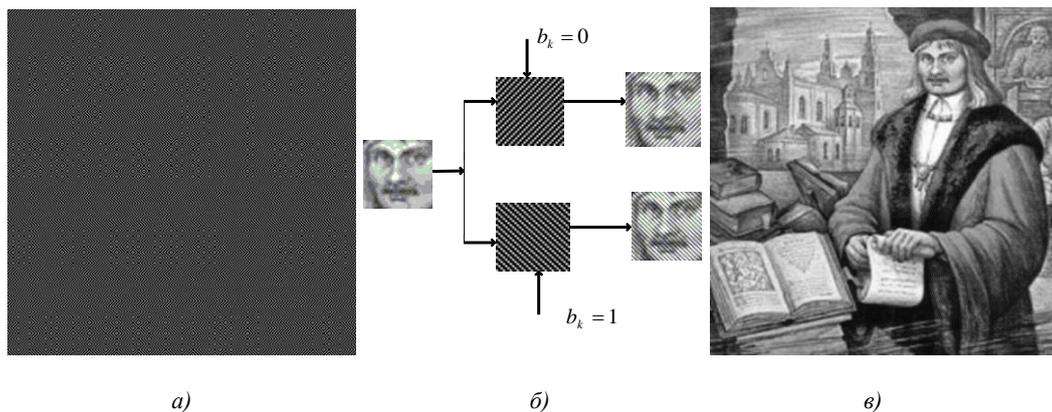


Рис. 3. Синусоидальное блочное маркирование изображения Ф. Скорины:
а) маркирующая маска кодирования, состоящая из синусоидальных блоков различной угловой ориентации; б) маркирование фрагмента изображения; в) маркированное изображение

С целью обнаружения маркированного изображения формируется прерывистая рамка определенной толщины и размера $M_{dc} \times N_{dc}$. Линии рамки изображения состоят из белого и черного слоев, каждый из которых содержит 3 пикселя. Маркированное изображение с рамкой обнаружения имеет вид $\tilde{I}_{dc} = (\tilde{I}_{dc}(m, n) | m = \overline{0, M_{dc} - 1}, n = \overline{0, N_{dc} - 1})$, где $M_{dc} = M + \Delta M_{dc}$, $N_{dc} = N + \Delta N_{dc}$, $\Delta M_{dc} = \Delta N_{dc} = 12$ пикселей.

Для обеспечения устойчивости к условиям печати и оптического считывания предложена робастная процедура извлечения маркирующей информации мобильными устройствами, основанная на робастном обнаружении рамки, нормализации маркированного изображения, предварительной обработке нормализованного изображения с использованием робастного ЛВР-признака изображения, итеративной анизотропной фильтрации и декодировании сообщения по выделенным синусоидальным блокам.

Обнаружение и нормализация маркированного изображения $I_{dc} = (I_{dc}(m, n) | m = \overline{0, M_{dc} - 1}, n = \overline{0, N_{dc} - 1})$ с детектируемой рамкой основаны на трех процедурах: формировании бинарного контурного изображения, локализации граничных точек изображения и компенсации геометрических искажений изображения.

Для обработки низкоконтрастных маркированных изображений с целью достижения инвариантности к условиям печати и съемки используется процедура формирования бинарного контурного изображения, основанная на методе Оцу (Otsu) [15] и алгоритме обнаружения границ Канни (Canny) [16].

Процесс локализации граничных точек маркированного изображения базируется на представлении в параметрическом пространстве $\rho\theta$ бинарного контурного изображения $\tilde{B}_H = \tilde{B}_{SG\theta} = (\tilde{B}_{SG}(\rho_i, \theta_i))$, где ρ_i – расстояние между прямой, проходящей через точку $\tilde{B}_{GSxy}(i, j)$ бинарного изображения и началом координат, θ_i – угол между перпендикуляром к линии и вертикальной осью X; на преобразовании Хафа [17] и селективной коррекции позиций граничных точек [18]. Данная коррекция основана на выборе четырех угловых граничных точек из граничных линий изображения, определении условия проверки окрестности 3×3 выбранных граничных точек на контурном бинарном изображении \tilde{B}_{GSxy} и поиске в восьми направлениях двух кандидатов на граничную точку посредством вычисления весовых коэффициентов.

Процедура компенсации геометрических искажений маркированного изображения основана на использовании обнаруженных четырех угловых граничных точек, формирующих вектор бесконечно удаленной линии, которая проходит через исчезающие точки, и формировании матрицы проективного преобразования маркированного изображения [19] в виде иерархической цепочки трех преобразований (изометрии и подобия, аффинного и проекционного), корректирующей координаты пикселей исходного изображения в нормализованные координаты.

Предварительная обработка нормализованного маркированного изображения заключается в удалении вертикальных и горизонтальных линий на основе линейной пространственной фильтрации и формировании LBP-изображения [20, 21]. Предложенный метод с размером примитива 3×3 для вычисления быстрого инвариантного к повороту LBP-признака позволяет получить выигрыш в скорости вычисления на уровне 66–72 % по отношению к методу без ускорения за счет сокращения относительного количества операций сравнения в два раза и относительного количества пикселей, к которым осуществляется доступ при вычислении LBP-признака, в 4,3 раза [21].

Анизотропная фильтрация нормализованного маркированного изображения I_n осуществляется с помощью пространственного фильтра с маской весовых коэффициентов

$$H = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ с целью удаления вертикальных и горизонтальных линий } I_n. \text{ Усиление диа-}$$

гональных линий маркированного изображения I_n с удаленными вертикальными и горизонтальными линиями осуществляется с помощью линейной пространственной фильтрации синусоидального блока маркированного изображения с помощью двух масок-фильтров

$$H_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 2 & 0 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ и } H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \text{ сравнения энергии } E_{-d} \text{ и } E_d$$

двух блоков, отфильтрованных масками-фильтрами H_1 и H_2 , с помощью соотношения

$$E = \begin{cases} E_d & \text{при } E_d > E_{-d}, \\ E_{-d} & \text{при } E_d < E_{-d}, \end{cases}$$

где $E_{-d} = \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} |e_{-d}|^2$ и $E_d = \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} |e_d|^2$ – значения энергии матрицы отфильтрованных блоков e_{-d} и e_d с ориентациями -1 и $+1$ соответственно, и выбора из двух блоков блока с большей энергией.

Для повышения точности детектирования синусоидальных решеток до 100 % и устойчивости к условиям печати и съемки осуществляется вычисление LBP-изображения для маркированного изображения с усиленными диагональными линиями [21, 22].

Значения бит информационного сообщения определяются с помощью вычисления коэф-

$$f(S_{\theta\delta}, I_{\theta\delta}) = \frac{\sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} (S_{\theta\delta}(u, v) - E(S_{\theta\delta})) (I_{\theta\delta}(u, v) - E(I_{\theta\delta}))}{\sqrt{\sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} (S_{\theta\delta}(u, v) - E(S_{\theta\delta}))^2 \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} (I_{\theta\delta}(u, v) - E(I_{\theta\delta}))^2}} \quad \text{меж-}$$

ду эталонными $S_{\theta\delta} = (S_{\theta\delta}(u, v))$ и внедренными $I_{\theta\delta} = (I_{\theta\delta}(u, v))$ синусоидальными блоками маркированного изображения и выбора пары битов, соответствующих максимальному значению коэффициента корреляции

$$b_k b_{k+1} = \begin{cases} 10 & \text{при } \max_{\theta\delta} f(S_{\theta\delta}, I_{\theta,1}), \\ 00 & \text{при } \max_{\theta\delta} f(S_{\theta\delta}, I_{\theta,-1}), \\ 11 & \text{при } \max_{\theta\delta} f(S_{\theta\delta}, I_{\theta,0.5}), \\ 01 & \text{при } \max_{\theta\delta} f(S_{\theta\delta}, I_{\theta,-0.5}), \end{cases} \quad (3)$$

где $E(S_{\theta\delta})$ и $E(I_{\theta\delta})$ – средние арифметические значения эталонных $S_{\theta\delta}$ и внедренных $I_{\theta\delta}$ синусоидальных блоков.

Избыточная битовая последовательность расшифровывается с использованием секретного ключа пользователя. Коррекция ошибок осуществляется с помощью соотношения

$$q_k = \text{round} \left(\sum_{l=0}^{L-1} b_{kl} / L \right), \quad \text{где } b_{kl} - l\text{-й бит расширенного } k\text{-го сегмента внедряемого сообщения}$$

$$b_R = ((b_0, \dots, b_0)_L \dots (b_k, \dots, b_k)_L \dots (b_{K-1}, \dots, b_{K-1})_L).$$

2. Результаты моделирования

Компьютерный эксперимент проводился при следующих условиях: цифровые изображения размером 512×512 пикселей, 16-символьная текстовая строка «Boriskevich A.A.» в качестве секретного сообщения, каждый символ кодируется 8 битами в соответствии с форматом ASCII, размер синусоидального блока 16×16 , аддитивное, мультипликативное и обобщенное правила внедрения, камера мобильного телефона 3 Мп с разрешением 2048×1536 , печать с разрешающей способностью 600 и 1200 dpi, физический размер маркированного изображения 7×7 см. Емкость $C = (MN/UV)K_\delta$ внедрения маркируемого изображения размером $M \times N$ зависит от размера $U \times V$ синусоидальной решетки и количества битов K_δ внедряемого сообщения, представляемых решеткой с определенной угловой ориентацией.

На рис. 4–6 и в таблице представлены результаты моделирования разработанного метода оптически визуализируемого блочного маркирования изображений на основе синусоидальных решеток с идентификационными параметрами.

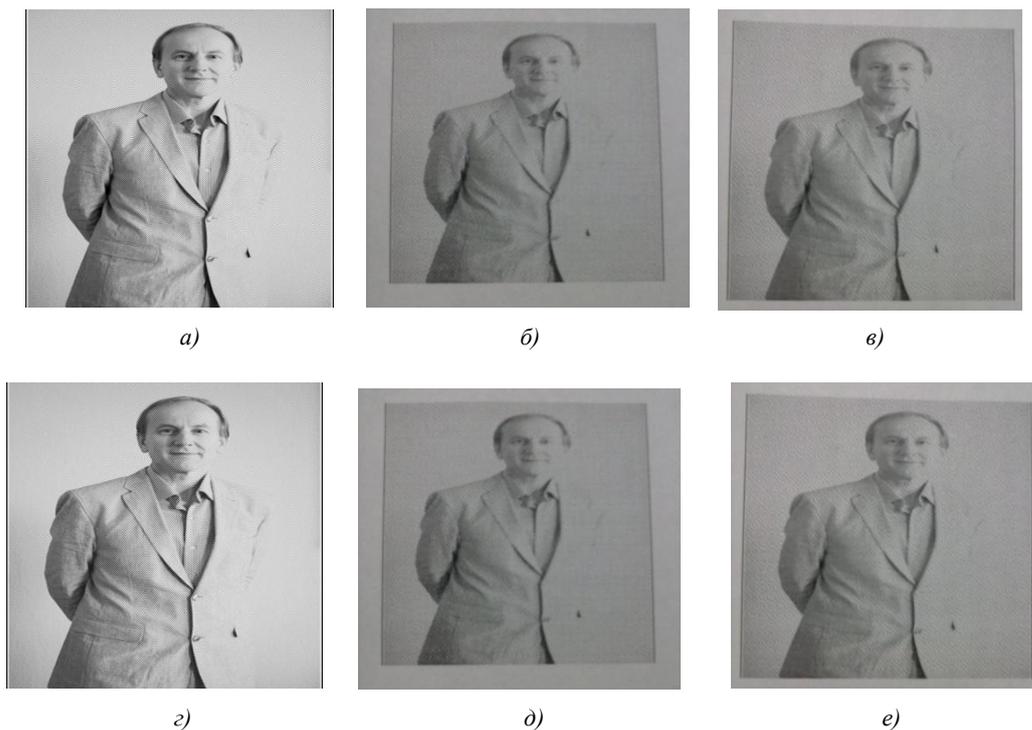


Рис. 4. Изображения размером 512×512 с различными правилами внедрения и качеством печати:
 а), з) цифровые изображения с мультипликативным и гибридным правилами внедрения;
 б), д) печатные изображения с мультипликативным и гибридным правилами внедрения при 600 dpi;
 в), е) печатные изображения с мультипликативным и гибридным правилами внедрения при 1200 dpi

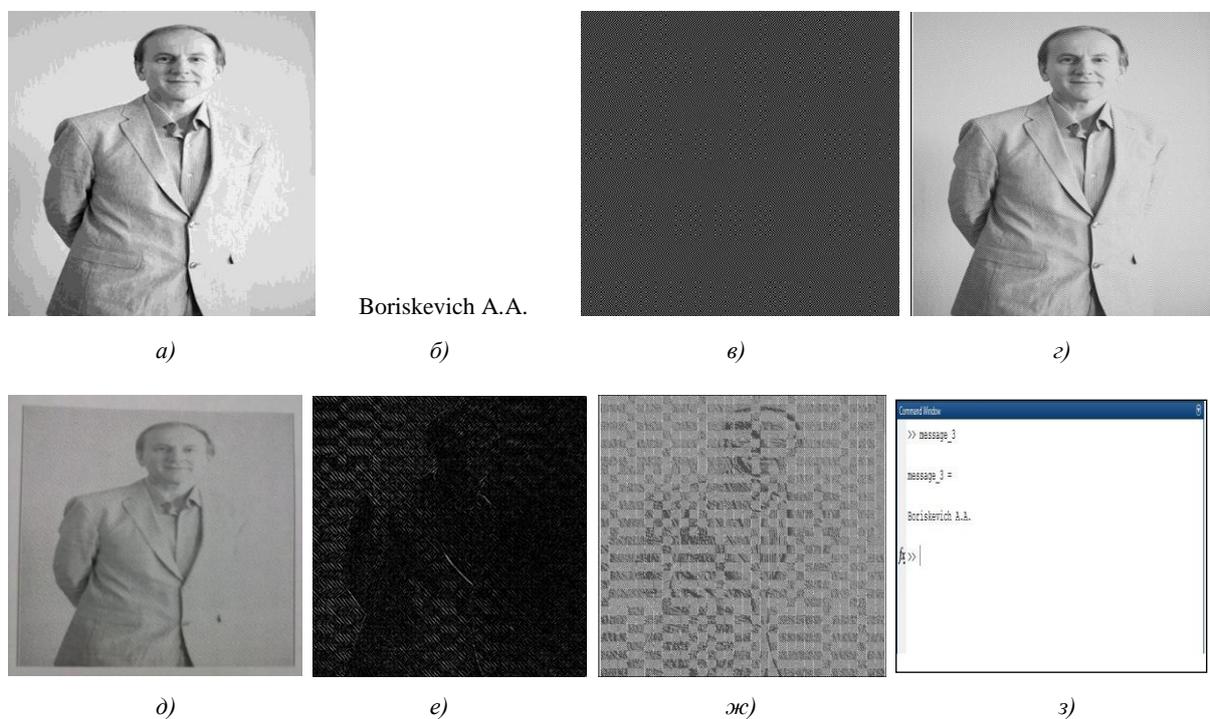


Рис. 5. Особенности блочного маркирования, считывания, обработки и декодирования изображения:
 а) цифровое маркируемое изображение; б) секретное сообщение; в) маркирующая маска синусоидальных блоков;
 г) цифровое маркированное изображение с детектируемой рамкой; д) печатное нормализованное маркированное изображение; е), ж) нормализованные маркированные изображения после анизотропной фильтрации и LBP-обработки; з) извлеченное сообщение

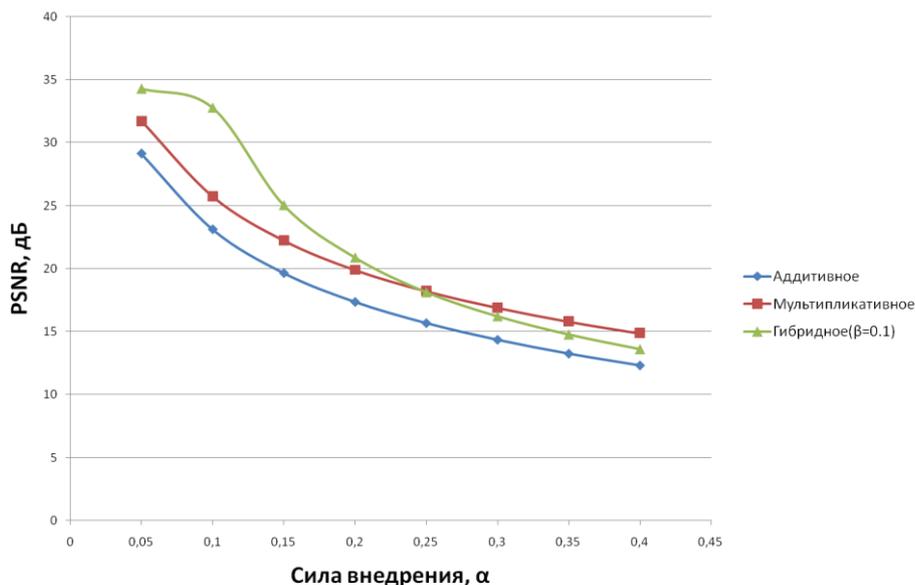


Рис. 6. Зависимость качества маркированного изображения в понятиях PSNR (пиковое отношение сигнал-шум) от силы внедрения α при фиксированном $\beta=0,1$ для аддитивного, мультипликативного и гибридного правил внедрения

Зависимость битовых ошибок от правила внедрения и качества печати

Правило внедрения	Количество точек на дюйм, dpi	Количество экспериментов	Битовые ошибки, %
Аддитивное	600	25	10,41
	1200	25	6,12
Мультипликативное	600	25	9,55
	1200	25	3,52
Гибридное	600	25	7,78
	1200	25	3,22

Для уменьшения процента ошибок до нуля при декодировании маркированного изображения целесообразно использовать анизотропную фильтрацию с определенным количеством повторений. Определено, что достаточно трех повторений анизотропной фильтрации.

Разработанный метод обеспечивает инвариантность к условиям печати и съемки (к повороту изображения в диапазоне $(-45^\circ, \dots, +45^\circ)$ и аддитивному изменению интенсивности изображения) и высокое качество маркированного изображения с $PSNR \in [30-34]$ дБ за счет предварительной обработки маркированного изображения и двухэтапной процедуры определения граничных угловых точек. Первый этап включает в себя формирование контурного бинарного изображения и обнаружение первичных позиций граничных точек, а второй этап – уточнение позиций граничных точек в локальной окрестности определенного размера вдоль граничных линий рамки и компенсацию геометрических искажений с помощью проективного преобразования при использовании гибридного правила внедрения с $\alpha \in [0,08-0,12]$ и $\beta = 0,1$.

Заключение

Разработан метод оптически визуализируемого блочного маркирования изображений и считывания маркированных изображений с помощью мобильных устройств. Отличительной особенностью метода является использование квадратных синусоидальных блоков в качестве кодовых образов двоичных символов внедряемого бинарного сообщения, модели маркированного изображения в виде алгебраической суммы аддитивной и мультипликативной яркостных составляющих и текстурно-корреляционного декодирования внедренных синусоидальных блоков, что обеспечивает высокое качество маркированного изображения ($PSNR > 30$ дБ), емкость

внедрения не менее 2^{10} байт, инвариантность к условиям сканирования (угловому положению (-45° , ..., $+45^\circ$), аддитивному изменению интенсивности изображения) и высокую точность декодирования синусоидальных решеток (100 %).

К установленным ограничениям метода относятся визуальное качество маркированного изображения (не менее 35 дБ); минимальный размер решетки (16×16 пикселей), минимальный период решетки (2 пиксела на период), максимальное количество угловых ориентаций (четыре наклонные решетки с углами наклона -45° , $+45^\circ$, -25° , $+25^\circ$).

Предложенный метод позволяет формировать маркированные изображения, несущие как визуальную, так и скрытую информацию, считываемую с экранов мониторов и с печатной продукции при помощи мобильных устройств.

Список литературы

1. Design of a Simple User Authentication Scheme Using QR Code for Mobile Device / Y. Lee [et al.] // Information Technology Convergence, Secure and Trust Computing, and Data Management. – 2012. – Vol. 180. – P. 241–248.
2. Ohbuchi, E. Barcode Readers Using the Camera Device in Mobile Phones / E. Ohbuchi, H. Hanaizumi, L.A. Hock // Proc. of the 2004 Intern. Conf. on Cyberworlds (CW'04). – Tokyo, Japan, 2004. – P. 260–265.
3. Gu, Y. QR Code Recognition Based on Image Processing / Y. Gu, W. Zhang // Intern. Conf. on Information Science and Technology (ICIST). – Jiangsu, China, 2011. – P. 733–736.
4. Liao, K. A Novel User Authentication Scheme Based on QR-Code / K. Liao, W. Lee // Journal of Networks. – 2010. – Vol. 5, no. 8. – P. 937–941.
5. Keskinarkaus, A. Digital watermarking techniques for printed images / A. Keskinarkaus. – Finland, University of Oulu, 2012. – 101 p.
6. Pramila, A. Toward an interactive poster using digital watermarking and a mobile phone camera / A. Pramila, A. Keskinarkaus, T. Seppanen // Journal of Signal, Image and Video processing. – 2012. – Vol. 6, no. 2. – P. 211–222.
7. Alattar, A.M. Smart Images using Digimarc's Watermarking Technology / A.M. Alattar // Proc. SPIE: Security and Watermarking of Multimedia Contents. – 2000. – Vol. 3971. – P. 264–273.
8. He, D. A Practical Print-scan Resilient Watermarking Scheme / D. He, Q. Sun // Proc. IEEE Intern. Conf. on Image Processing (ICIP). – Genova, Italy, 2005. – P. 257–260.
9. Image Fingerprinting Scheme for Print-and-Capture Model / W-G. Kim [et al.] // Proc. 7th Pacific Rim Conf. on Multimedia, Advances in Multimedia Information Processing. – Hangzhou, China, 2006. – Vol. 4261. – P. 106–113.
10. Фергюсон, Н. Практическая криптография / Н. Фергюсон, Б. Шнайер. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2005. – 416 с.
11. Зензин, О.С. Стандарт криптографической защиты – AES. Конечные поля / О.С. Зензин, М.А. Иванов ; под ред. М.А. Иванова – М. : КУДИЦ-Образ, 2002. – 176 с.
12. Панасенко, С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник / С.П. Панасенко. – СПб., 2009. – 576 с.
13. Singhal, N. Comparative Analysis of AES and RC4 Algorithms for Better Utilization / N. Singhal, J.P.S. Raina // Intern. Journal of Computer Trends and Technology. – 2011. – Vol. 1, iss. 1, no. 2. – P. 177–181.
14. Kocarev, L. Chaos-Based Cryptography. Theory, Algorithms and Applications / L. Kocarev, S. Lian. – Springer, 2011. – 395 p.
15. Otsu, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms / N. Otsu // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1979. – Vol. 9, no. 1. – P. 62–66.
16. Canny, J. A Computational approach to edge detection / J. Canny // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 1986. – Vol. 8, no. 6. – P. 679–698.
17. Duda, R.O. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures / R.O. Duda, P.E. Hart // Comm. ACM. – 1972. – Vol. 15. – P. 11–15.
18. Yang, H. Accurate localization of four extreme corners for barcode images captured by mobile phones / H. Yang, X. Jiang, A.C. Kot // Proc. of 17th Intern. Conf. on Image Processing (ICIP 2010). – Hong Kong, 2010. – P. 3897–3900.

19. Чехлов, Д.О. Нормализация изображений относительно перспективного преобразования на основе геометрических параметров / Д.О. Чехлов, С.В. Абламейко // Информатика. – 2004. – № 3. – С. 67–76.

20. Computer Vision Using Local Binary Patterns / M. Pietikäinen [et al.]. – London : Springer, 2011. – 207 p.

21. Толочко, А.М. Метод быстрого вычисления LBP-признаков области интереса видеоизображения / А.М. Толочко, А.А. Борискевич // Цифровая обработка сигналов. – 2012. – № 3. – С. 58–63.

22. Борискевич, А.А. Метод блочного маркирования изображений на основе синусоидальных решеток / А.А. Борискевич, Ю.А. Кочетков // Технические средства защиты информации : тез. докл. XI Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 2013 / Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2013. – С. 35.

Поступила 05.09.2016

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
Минск, П. Бровки, 6
e-mail: anbor@bsuir.by*

A.A. Boriskevich

EMBEDDING IDENTIFICATION DATA WITHIN IMAGES BASED ON SINUSOIDAL GRATINGS FOR MOBILE APPLICATIONS

A method of optically visualized block watermarking the images based on the proposed models of embedded message, marked image and robust textural correlation message extracting is developed. The results of computer modeling are presented.